



## ANALISIS PENGARUH LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUBARA TERHADAP KANDUNGAN SULFUR BATUBARA

Waterman Sulistyana B. \*

Dean Saputra\*\*

\*Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta

\*\*Dinas Pertambangan dan Energi Kotabaru Kalimantan Selatan

### RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi lingkungan pengendapan batubara, korelasi lingkungan tersebut terhadap perubahan kandungan *total sulphur*, dan mengetahui hubungan antara *total moisture*, dan *ash content* terhadap *calorific value*. Analisis lingkungan pengendapan batubara dilakukan dengan pendekatan nilai *tissue preservation index* (TPI) dan *gelification index* (GI) dari Diessel. Setiap perubahan lingkungan pengendapan yang dipengaruhi oleh air laut akan diikuti oleh perubahan total sulfur.

Kata kunci: batubara, lingkungan, sulfur

*The aim of the study is to determine the environmental conditions and to correlate these to changes in the total sulphur content, and to know the relationship between total moisture and ash content to calorific value. Coal depositional environment analysis approach with tissue preservation index (TPI), and gelification index (GI) based on Diesel. Any changes in depositional environment that influenced by sea water will be followed by a change in the total sulphur.*

*Key words: coal, environment, sulphur*

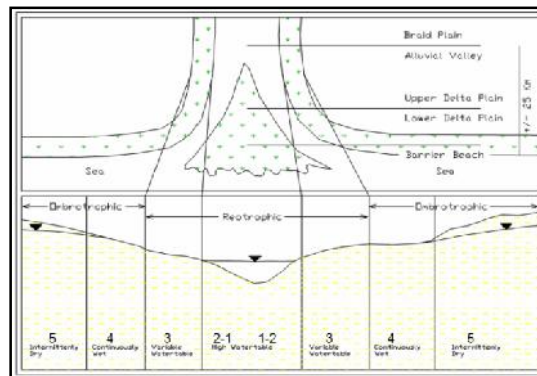
### 1. PENDAHULUAN

Kandungan *total sulphur* (TS), *total moisture* (TM), dan *ash content* pada lapisan batubara mempunyai hubungan erat dengan aspek ekonomis, teknis, dan lingkungan. Sulfur dalam batubara terdapat dalam bentuk anorganik, dan organik. Sulfur anorganik banyak ditemui dalam bentuk senyawa sulfida (piritik) dan sulfat. Sulfida organik adalah unsur atau senyawa sulfur yang terikat dalam rantai hidrokarbon material organik. Menurut Suits dan Arthur (2000) dalam Prasongko (2006) sulfat umumnya berasal sedimen laut dangkal, direduksi senyawa karbon organik menjadi hidrogen sulfida, kemudian dioksidasi oleh *geohite* (FeOOH) atau hidrogen sulfida, dan mereduksi *ferric iron* (Fe<sup>3+</sup>) menjadi senyawa *ferrous iron* (Fe<sup>2+</sup>). Oksigen sering kali menembus sedimen *anaerob* dan mengoksidasi hidrogen sulfida menjadi unsur sulfat (S<sub>0</sub>). Kandungan sulfur dalam batubara terdiri: sulfur sulfat, sulfur pirit, sulfur organik.

*Total moisture* berpengaruh terhadap kualitas batubara (Cook, 1999). Semakin besar *total moisture* di dalam batubara maka semakin

kecil *calorific value*, karena diperlukan kalori untuk penguapan air. Kandungan air yang tinggi akan menambah biaya dalam transportasi, dalam penggerusan. Selain itu kandungan air yang tinggi akan mengurangi kapasitas penggerusan. *Ash* berpengaruh terhadap kualitas batubara (Cook, 1999). Semakin besar *ash* maka semakin kecil *calorific value*, karena diperlukan kalori untuk membakar pengotor dalam batubara. Dalam efisiensi proses pembakaran diperlukan waktu lebih lama untuk membersihkan *ash* dari tungku pembakaran. *Ash* juga dapat mempengaruhi *grindability index*, karena komponen dari *ash* seperti *free silica* mempunyai kekerasan lebih tinggi dari batubara.

Fasies batubara berhubungan lingkungan pengendapan batubara. Tipe genetik batubara diekspresikan melalui komposisi maseral, kandungan mineral, komposisi kimia dan tekstur (Taylor dan Teichmuller, 1993 dalam Simanjuntak, 2008). Diessel (1992) menjelaskan karakteristik lingkungan pengendapan batubara sebagai berikut : *braided plain*, *alluvial valley* dan *upper delta plain*, *lower delta plain*, *barrier beach* (Gambar 1).



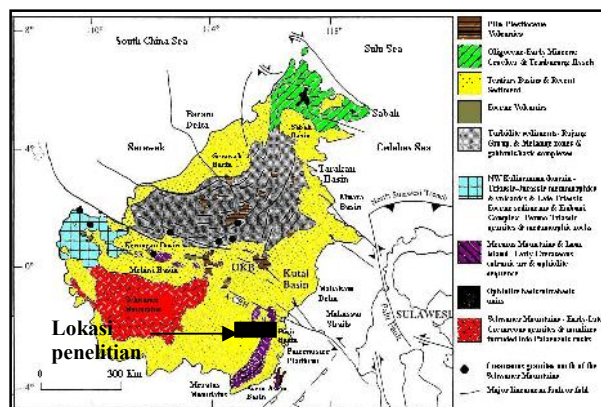
Gambar 1. Sketsa lingkungan pengendapan dan kondisi akumulasi gambut (Diessel, 1992)

Maseral diperlukan dalam analisis penentuan lingkungan pengendapan batubara yang didasarkan pada sifat *atribute* dan skalar. Lapisan lantai (*floor*) hingga atap (*roof*) batubara memiliki sifat tertentu yang mencerminkan kondisi lingkungan pengendapan. Berdasarkan nilai-nilai TPI, GI, tingkat vegetasi (VI), dan kondisi muka air tanah (GWI) dapat ditentukan fasies batubara.

Penelitian ini bertujuan: (1) mengetahui pengaruh sub-lingkungan pengendapan batubara terhadap perubahan kandungan total sulfur, (2) mengetahui pengaruh vegetasi dan *watertable* terhadap perubahan kandungan total sulfur, (3) mengetahui hubungan *calorific value* terhadap *total moisture*, dan (4) mengetahui hubungan *calorific value* terhadap *ash content*.

Penelitian ini dilakukan di daerah Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. Wilayah penelitian termasuk dalam Cekungan Kutai (Gambar 2). Cekungan tersebut terdiri dari Cekungan Barito yang terdapat di sebelah barat Pegunungan Meratus dan Cekungan Pasir yang terdapat di sebelah timur Pegunungan Meratus. Lokasi penelitian terletak pada Cekungan Barito, yang terdiri dari: Formasi Tanjung, Formasi Beraí, Formasi Warukin,

Formasi Dohor, dan Endapan Alluvial



Gambar 2. Geologi Regional Kalimantan (Moss & Finch, 1997)

Metodologi penelitian terdiri dari: (1) studi pustaka, (2) pengukuran *measuring section* (MS), (3) pengambilan sampel batubara, (4) tahap pengujian laboratorium (*proximate* dan *ultimate* (adb), analisis maseral, kandungan total sulfur), (5) pengolahan dan analisis data (interpretasi sub-lingkungan pengendapan, vegetasi, dan *groundwater* yang berpengaruh

pada perubahan kandungan total sulfur, interpretasi hubungan *calorific value* terhadap *total moisture* dan *ash content*).

## 2. HASIL PENELITIAN

*Measuring section* dilakukan pada *lowwall* lapisan batubara di daerah penambangan. Satuan batuan yang dijumpai



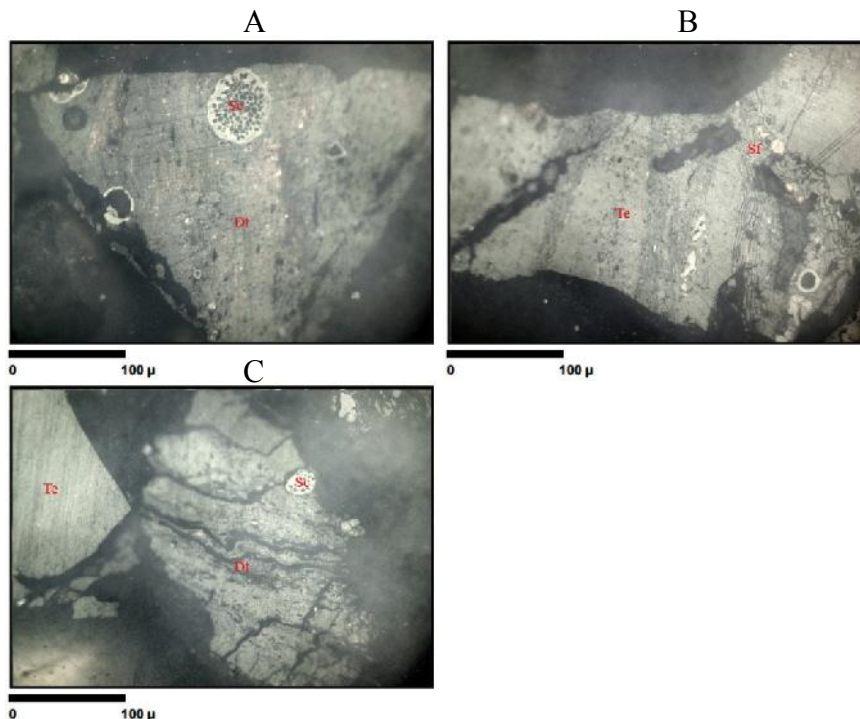
adalah: satuan batulempung, batupasir, dan batubara dengan ketebalan sekitar 93m. Struktur sedimen yang berkembang adalah: laminasi, silang siur, *graded bedding*, dan di beberapa batuan dijumpai *sideritic nodule*. Batubara dengan ciri fisik: warna hitam kusam, gores hitam, mudah pecah, pecahan *even-bloky*, *face cleat* (1-6cm), dijumpai nodul berupa damar.

Pengambilan sampel batubara untuk penelitian di lakukan pada bagian *lowwall* lapisan batubara. Pengamatan memanjang tegak lurus lapisan batubara dengan lebar *channel* dibuat 10cm. *Sampling* dilakukan pada lapisan batubara A (4,5m); B (4,6m); C (20m); dan D (18m). Analisis sampel yang dilaksanakan terdiri dari: analisis maseral (Gambar 3) dan analisis *proximate* dan *ultimate* (Tabel 1).

**Tabel 1. Kualitas batubara berdasarkan hasil analisis laboratorium**

Kualitas	Rata-rata (%adb)	Kisaran (%adb)
<i>Total Moisture</i>	23,59	19,88- 30,00
<i>Inherent Moisture</i>	14,42	12,00-15,20
<i>Ash</i>	1,75	0,30-7,90
<i>Total Sulphur</i>	0,13	0,09- 0,34
<i>Volatile Matter</i>	43,48	40,50-48,70
<i>Fixed Carbon</i>	40,84	38,20-58,98

Analisis sampel batubara memakai metode reflektan vitrinit (Gambar 3 di bawah ini) untuk mengetahui lingkungan pengendapan batubara.



**Gambar 3. (A)kenampakan reflektan semifusinite (Sf) dan telovitrinite (Te), (B)telovitrinite (Te), detrovitrinite (Dt) dan sclerinite (Sc), (C)sclerinite (Sc) dan detrovitrinite (Te)**

Analisis prosentasi (komposit) maseral batubara menggunakan formula TPI, GI, VI dan GWI. Tabel 2 menunjukkan parameter yang

diplotkan pada diagram Diessel dan Calder untuk mengetahui lingkungan pengendapan batubara.



Tabel 2 Nilai TPI, GI, GWI dan VI pada daerah penelitian

	TPI	GI	GWI	VI
Maximum	2,3	50,2	0,14	2,1
Minimum	0,8	2,7	0,01	0,6

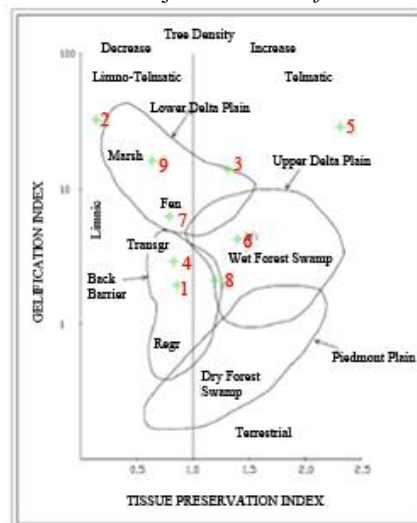
Gambar 4 dan 7 menunjukkan perubahan lingkungan pengendapan batubara yang dihubungkan dengan perubahan kandungan sulfur.

### 3. PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengaruh lingkungan pengendapan terhadap kandungan sulfur

Hasil *plotting* nilai TPI dan GI (Gambar 4) pada diagram Diessel menunjukkan

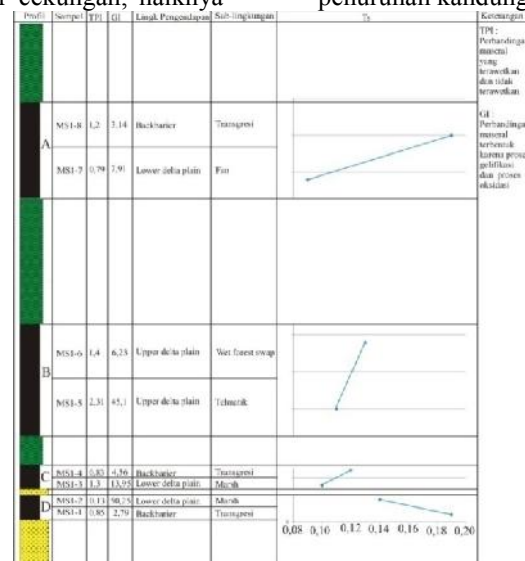
pembentukan batubara pada lingkungan pengendapan: *back barrier*, *lower delta plain*, *upper delta plain*, dan sub-lingkungan: *telmatik*, *limno-telmatik*, *transgresi*, *marsh*, *fen*, dan *wet forest swamp*.



Gambar 4. Lingkungan pengendapan di daerah penelitian dalam diagram Diessel

Gambar 5 di bawah menunjukkan perubahan-perubahan sub-lingkungan. Lapisan batubara D berada pada sub-lingkungan transgresi (penurunan dasar cekungan, naiknya

volume air) ke *marsh* (lahan basah diisi oleh air secara sementara/permanen), kurang dipengaruhi oleh air laut, mengakibatkan penurunan kandungan sulfur batubara.



Gambar 5. Lingkungan pengendapan, sub-lingkungan, dan kandungan sulfur pada lapisan batubara

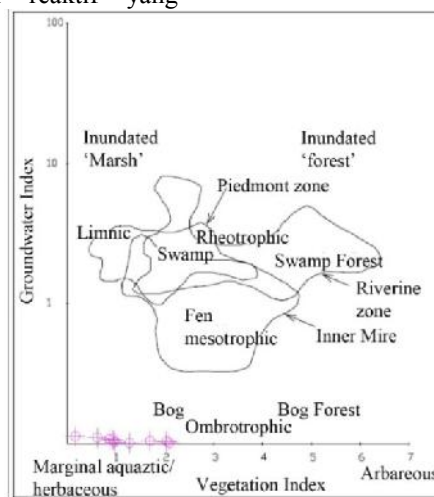
Lapisan batubara C berada pada sub-lingkungan *marsh* ke transgresi yang dipengaruhi oleh air laut, sehingga perubahan kandungan sulfur batubara meningkat. Lapisan batubara B berada pada sub-lingkungan *telmatic* (air berada dekat permukaan tanah) ke *wet forest swamp* (daerah rawa lebat dengan kenaikan air secara bertahap), dipengaruhi oleh air laut, sehingga perubahan kandungan sulfur meningkat. Sedangkan lapisan batubara A dari sub-lingkungan *fen* (daerah rawa kaya tumbuhan perdu dan pohon) ke transgresi dekat dengan air laut, sehingga perubahan kandungan sulfur batubara meningkat.

Perubahan sub-lingkungan dekat air laut menyebabkan perubahan kandungan sulfur. Banyaknya kelimpahan besi reaktif yang

terbawa oleh air laut masuk ke dalam sub-lingkungan pengendapan dan mengalami reaksi kimia menyebabkan perubahan nilai kandungan sulfur batubara. Air laut yang banyak mengandung sulfat mengalami reaksi oksidasi oleh material organik menjadi hidrogen sulfida. Sulfida ini dapat bereaksi menghasilkan bentuk sulfur organik atau piritik yang tergantung dari komposisi kimiawi.

### 3.2. Pengaruh vegetasi dan *watertable* terhadap kandungan sulfur batubara

Hasil *plotting* nilai VI dan GWI pada diagram Calder menunjukkan pembentukan batubara pada zone *bog-ombrotropic* (Gambar 6).



Gambar 6. *Plotting* lingkungan pengendapan pada diagram Calder

Berdasarkan data, keadaan vegetasi tidak berpengaruh terhadap perubahan kandungan sulfur, sedangkan analisis *watertable* memungkinkan rawa terbentuk pada daerah dengan fluktuasi air dan diikuti oleh perubahan kandungan sulfur. Salinitas air yang menggenangi gambut merupakan faktor penting dalam menentukan kandungan sulfur pada batubara.

Gambar 7 menunjukkan nilai parameter *groundwater* pada lapisan batubara D berkurang dari 0,14 menjadi 0,09 dan penurunan kandungan sulfur. Nilai *groundwater* Lapisan C meningkat dari 0,004 menjadi 0,07; terjadi peningkatan kandungan sulfur batubara. Nilai *groundwater* lapisan batubara B konstan (0,01), namun terjadi peningkatan kandungan sulfur batubara. Nilai *groundwater* lapisan batubara A menunjukkan

peningkatan dari 0,02 menjadi 0,05) dengan peningkatan kandungan sulfur batubara.

Perubahan vegetasi dan *groundwater* diikuti oleh perubahan kandungan sulfur setiap lapisan batubara pada *bog-ombrotropic* (Gambar 7) berhubungan erat dengan pengaruh air laut yang diakibatkan oleh proses transgresi/regresi. Air laut dengan kandungan besi reaktif masuk ke dalam sub-lingkungan pengendapan, sehingga terjadi reaksi kimia. Reaksi tersebut menyebabkan perubahan nilai total sulfur pada setiap lapisan batubara.

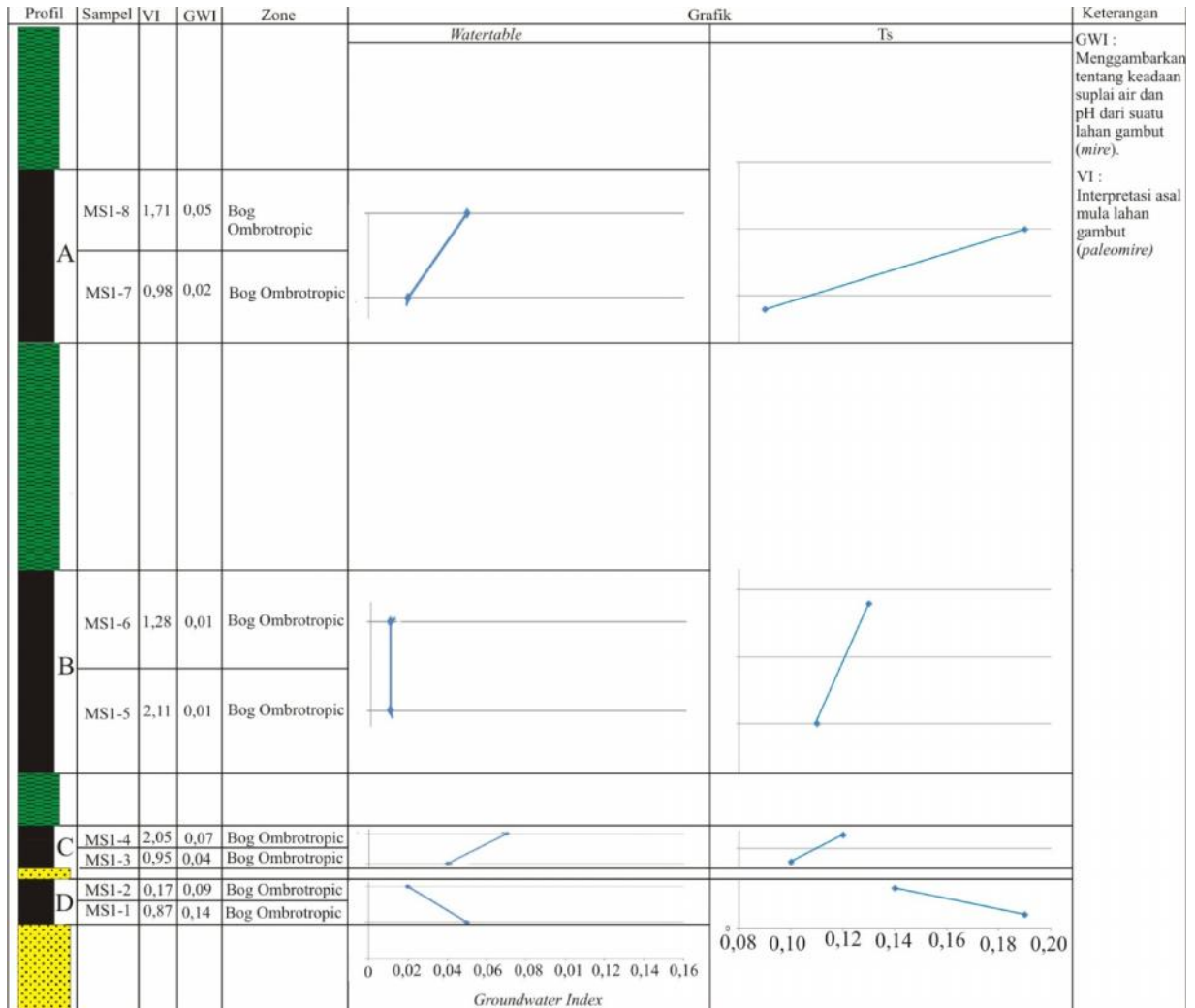
### 3.3. Hubungan antara *calorific value* (CV) terhadap *total moisture* (TM)

Gambar 8 di bawah menunjukkan hubungan secara vertikal antara nilai CV dan TM yaitu: nilai TM kecil menyebabkan nilai CV menjadi meningkat dan sebaliknya. Secara statistik hubungan CV dan TM ditunjukkan oleh

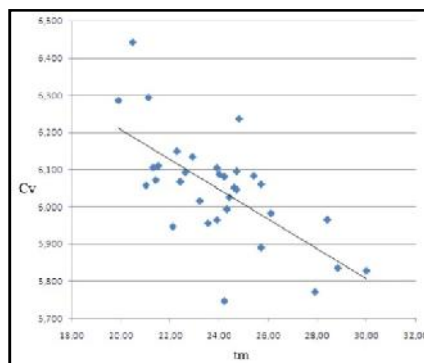




nilai  $r = -0,7$  dan  $r^2$  sebesar 68%, artinya signifikan.  
pengaruh dari CV terhadap TM cukup



Gambar 7. Zone lingkungan pengendapan berdasarkan faktor *water table* dan *total sulphur* batubara

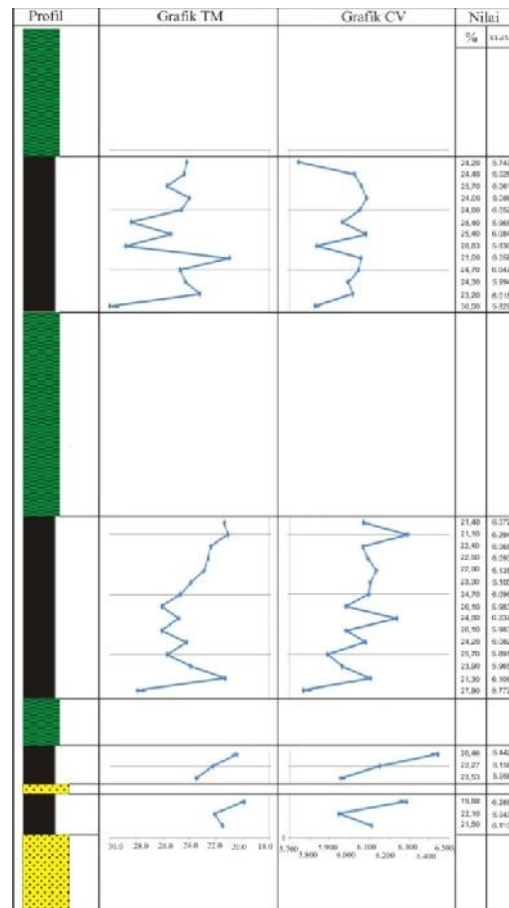


Gambar 8 Kecenderungan hubungan antara nilai CV-TM pada batubara di daerah penelitian



Gambar 9 di bawah menunjukkan hubungan antara nilai CV dengan TM secara vertikal. Apabila nilai TM rendah akan meningkatkan nilai CV, dan sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh pemakaian energi untuk

membakar *moisture* dalam batubara. Faktor faktor lain yang mempengaruhi hubungan antara nilai CV dan TM adalah kondisi evaporasi *moisture* pada saat pengambilan dan penyimpanan sampel batubara.

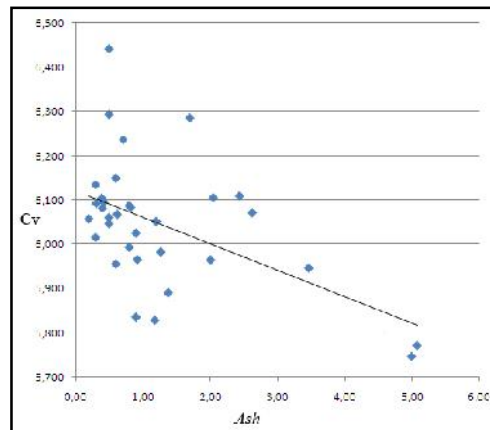


Gambar 9. Perkembangan CV-TM secara vertikal pada daerah penelitian

### 3.4. Hubungan antara CV dan *ash content*

Gambar 10 menunjukkan hubungan nilai CV dan *ash*, apabila nilai *ash* rendah menyebabkan nilai CV meningkat, dan sebaliknya. Hubungan CV dan *ash* ditunjukkan

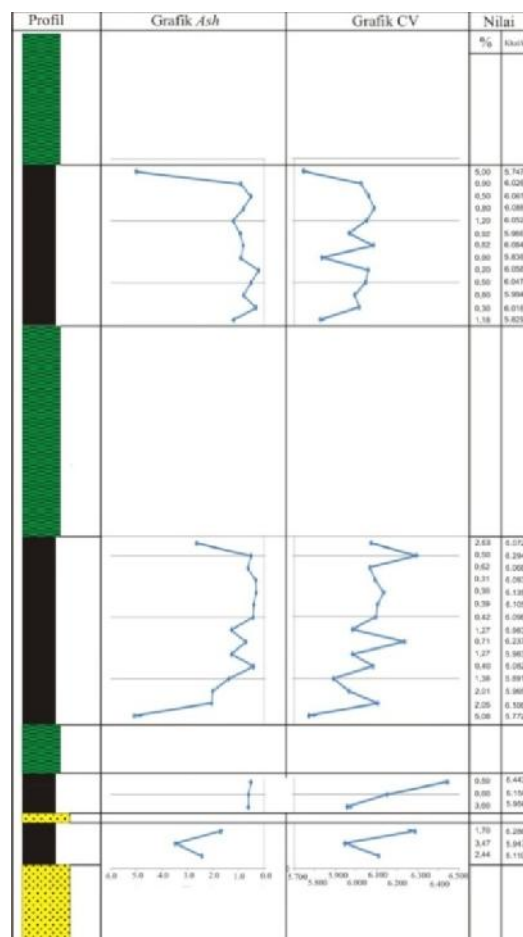
oleh nilai  $r$  sebesar  $-0,5$  dan nilai  $r^2 = 51 \%$ . Secara statistik hubungan tersebut kurang signifikan karena terdapat faktor-faktor lain yang mempengaruhi hubungan tersebut.



**Gambar 10. Kecenderungan hubungan antara nilai CV-ash pada batubara di daerah penelitian**

Gambar 11 menunjukkan hubungan antara CV dengan *ash*, diperlukan energi (CV) untuk membakar *mineral matter* (zat pengotor)

yang ada dalam batubara, seperti lempung, kalsit, pirit, markasit, klorit, dan florit.



**Gambar 11. Perkembangan CV-*ash* batubara secara vertikal di daerah penelitian**

### 3.5. Aspek lingkungan

Faktor yang berpengaruh terhadap kualitas lingkungan adalah kandungan *ash* dan TS. Perubahan nilai total sulfur dapat

diidentifikasi pada perubahan sub-lingkungan pengendapan pada tiap lapisan batubara. Berdasarkan karakter sulfur batubara tersebut dapat dilakukan pemantauan pada saat



dilakukan kegiatan penambangan. Kandungan sulfur pada batubara dapat memicu terbentuknya air asam tambang terutama pada saat kontak antara batubara, udara, dan air. Mitigasi dampak negatif dapat dilakukan dengan memperhatikan potensi pembentukan air asam tambang di lokasi penambangan, *stockpile*, dan areal pengolahan.

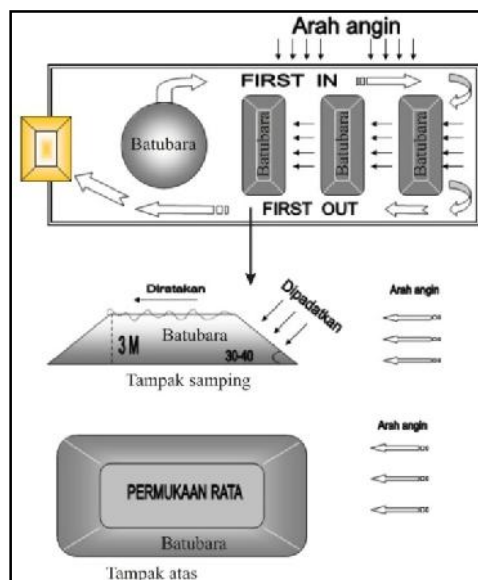
Pengelolaan air asam tambang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara aktif dan pasif. Secara aktif dengan cara menambahkan bahan alkali pada saat tertentu dan tergantung pada keasamaan air dan atau menambahkan kapur tohor secara kontinyu. Secara pasif dapat dilakukan melalui proses remediasi memakai lahan basah dan tanaman *Typha sp* sebagai media. Aliran air asam melalui lapisan organik yang tebal membentuk lingkungan *anaerobic*. Lapisan organik tersebut menstimulasi proses biologis sehingga meningkatkan pH dan mengendapkan kandungan logam.

Lapisan *interburden* terdiri dari batupasir, batulempung, serpih karbonan memiliki potensi membentuk asam. Nilai *net acid generation* (NAG), *acid neutralizing capacity* (ANC), *maximum potential acid* (MPA) dan *net acid production potential* (NAPP) pada batuan *interburden* perlu diuji di

laboratorium untuk memprediksi potensi pembentukan air asam tambang. Pembuangan material *overburden* dan *interburden* dilakukan berdasarkan pertimbangan potensi pembentukan air asam tambang.

Kualitas batubara di daerah penelitian termasuk peringkat rendah dengan kandungan *volatile matter* cukup tinggi. Hal ini memungkinkan terjadinya *spontaneous combustion* pada *stockpile*. Oleh karena itu memerlukan manajemen *stockpile* yang baik. Gambar 12 adalah desain *stockpile* yang dapat dipakai untuk menghindari fenomena *spontaneous combustion* (Drajat, 2009). Apabila batubara telah terbakar pada *stockpile*, maka dilakukan penanganan sebagai berikut:

- Melakukan *spreading* atau penyebaran untuk mendinginkan suhu batubara
- Bila kondisi cukup parah, maka bagian batubara yang terbakar dapat dibuang
- Memadatkan batubara yang mengalami *self heating* atau *spontaneous combustion*
- Untuk penyimpanan yang lebih lama bagian atas *stockpile* harus dipadatkan guna mengurangi resapan udara dan air ke dalam *stockpile*.



**Gambar 12. Manajemen *stockpile* untuk menghindari fenomena *spontaneous combustion***

*Self heating* dan *spontaneous combustion* dapat dicegah dengan pemakaian *focus coat/autodust*. Alat tersebut bekerja efektif melapisi, mengikat material *finecoal* (batubara halus) menjadi butiran yang lebih besar atau butiran halus batubara dibuat menempel pada batubara yang lebih besar).

Penggunaan instalasi tersebut memerlukan: (a) tempat penampungan khusus (*fine coal trap*) untuk limbah air dari *stockpile drainage*, (b) penanganan limbah batubara (*remnant and spillage coal*).



#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

- a. Berdasarkan nilai TPI, GI, GWI, dan GI batubara daerah penelitian terendapkan pada lingkungan *back barrier*, *lower delta plain*, dan *upper delta plain*, dengan tipe gambut yang bersifat *bog-ombrotropic*. Perubahan sub-lingkungan pengendapan batubara diikuti oleh perubahan kandungan total sulfur, karena pengaruh air laut dengan kandungan sulfat.
- b. Pengaruh vegetasi dan *watertable* pada zone *bog-ombrotropic* menyebabkan perubahan kandungan total sulfur pada lapisan batubara.
- c. Pembentukan air asam tambang berkaitan dengan kandungan sulfur batubara dan batuan yang berpotensi membentuk asam, sehingga diperlukan penelitian lanjutan tentang pengelolaan air asam tambang pada *stockpile* batubara, dan tempat pembuangan material *overburden* dan *interburden*.

Collection (ERDC TN-EMRRPSR-14), U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS,  
<http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/sr14.pdf>.

7. Kuncoro, dkk., 2006., Studi awal: kandungan sulfur pada lapisan batubara yang terlipat dan tersesarkan di Kalimantan Timur dan Selatan, *JIK Tek Min*, Vol 19, No 2, hal.100-108.
8. Sodikin I., B. Daulay, 2008., Hubungan antara kandungan air dan kenaikan nilai kalor pada batubara hasil proses UBC., *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, Vol.4, No.1, Mei 2008,  
<http://www.tekmira.esdm.go.id/publikasi/?p=101>.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Anggayana, K., W.A., Haris, 2007, Interpretasi fasies/lingkungan pengendapan batubara dan variasi sulfur untuk rekomendasi strategi eksplorasi, *Geoaplika*, Vol.2, No.1, hal. 35-52.
2. Calder et.al., 1991, Peat formation in a westphalian B poedmont setting, cumberland basin, Nova Scotia : Implication for the maseral-based interpretation of rheotropic and raised paleomires., *Bulletin of Social Geology*, France., pp 283-298.
3. Dino, B., 2008, *Sumberdaya batubara daerah northeast tutupan PT. Adaro Indonesia, Tabalong Kalimantan Selatan*, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta.
4. Diessel, C.F.K., 1992, *Coal-Bearing Depositional System*, Springer-Verlag. Berlin -Heidelberg.
5. Drajat, M., 2009, *Manajemen stockpile batubara*, <http://om-dj.blogspot.com/2009/05/manajemen-stockpile-batubara.html>.
6. Fripp, J., 2000, Acid mine drainage treatment., *EMRRP Technical-Notes*